

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-023225

(43)Date of publication of application : 29.01.1999

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G01B 11/26

G03F 9/00

H01L 21/027

(21)Application number : 10-131132

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 25.04.1998

(72)Inventor : HASEGAWA MASANORI
OSAKI YOSHINORI
YOSHII MINORU

(30)Priority

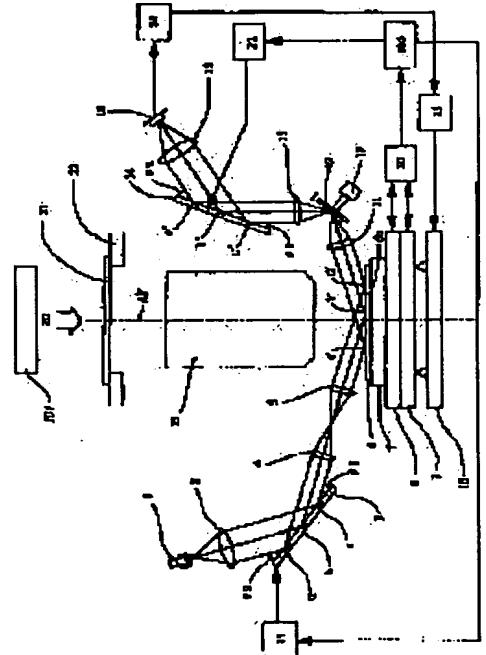
Priority number : 09130484 Priority date : 02.05.1997 Priority country : JP

(54) INSPECTION DEVICE AND ALIGNER USING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an inspection device by which position information or the like on the direction of an optical axis on the surface of a wafer is detected with high accuracy and by which a high-integration-degree device can be manufactured easily by a method wherein a pattern which is formed by a pattern generator is projected on an object face from an oblique direction.

SOLUTION: In a projection optical system 23, a pattern which is formed by a pattern generator is projected on an object face from an oblique direction, and a pattern image is formed on the object face. In a light-receiving optical system, a light-receiving element detects light from the pattern image. That is to say, by using respective face detecting devices 1 to 5, 11 to 16, 19, face-position information on a wafer 6 is detected. Thereby, the height in the direction of the optical axis of the projection optical system 23 in the face position of the wafer 6 is set to a conjugate relationship with a reticle 21 regarding the projection optical system 23. Then, a stage 10 is driven and controlled by a driver 25 in such a way that the wafer 6 is situated in the best image formation face of the projection optical system 23. Thereby, position information and inclination information on the direction of an optical axis on the surface of the wafer 6 are detected with high accuracy, and the wafer 6 can be situated in the image formation position of the projection optical system 23.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(51) Int.Cl.⁶
 G 0 1 B 11/00
 11/26
 G 0 3 F 9/00
 H 0 1 L 21/027

識別記号

F I
 G 0 1 B 11/00 H
 11/26 H
 G 0 3 F 9/00 H
 H 0 1 L 21/30 5 2 6 B

審査請求 未請求 請求項の数30 FD (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平10-131132
 (22)出願日 平成10年(1998)4月25日
 (31)優先権主張番号 特願平9-130484
 (32)優先日 平9(1997)5月2日
 (33)優先権主張国 日本 (JP)

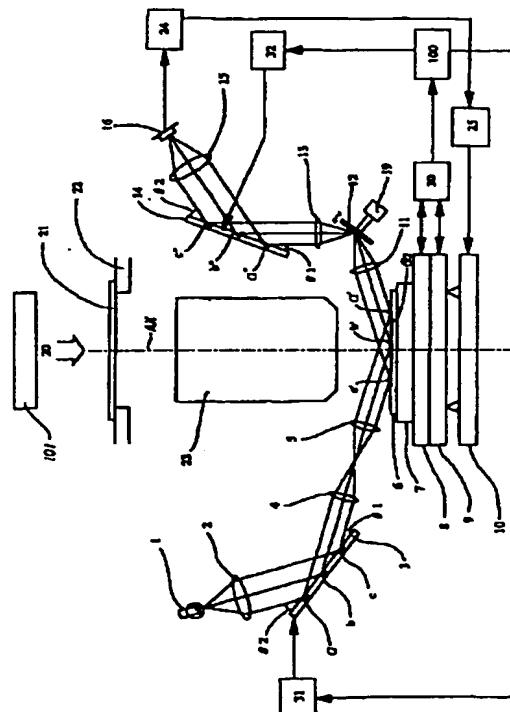
(71)出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (72)発明者 長谷川 雅宣
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
 ノン株式会社内
 (72)発明者 大寄 美紀
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
 ノン株式会社内
 (72)発明者 吉井 実
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
 ノン株式会社内
 (74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 検出装置及びそれを用いた露光装置

(57)【要約】

【課題】 ウエハ表面の光軸方向の面位置情報を高精度に検出し、ウエハ表面を投影光学系の結像位置に位置させ、高集積度のデバイスを容易に製造することができる検出装置及びそれを用いた露光装置を得ること。

【解決手段】 第1のパターンジェネレータと該第1のパターンジェネレータの形成したパターンを物体面上に斜め方向より投影して前記物体面上にパターン像を形成する投光光学系と、前記パターン像からの光を導く受光光学系と、前記受光光学系に導かれた光を検出する受光素子とを有し、該受光素子の検出により前記物体面の面位置情報を検出すること。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のパターンジェネレータと該第1のパターンジェネレータの形成したパターンを物体面上に斜め方向より投影して前記物体面上にパターン像を形成する投光光学系と、前記パターン像からの光を導く受光光学系と、前記受光光学系に導かれた光を検出する受光素子とを有し、該受光素子の検出により前記物体面の面位置情報を検出することを特徴とする検出装置。

【請求項2】 前記受光光学系は可動ミラーを有し、さらに前記パターン像が再結像される面上に第2のパターンジェネレータを有し、前記受光素子では前記可動ミラーの変動中の前記第2のパターンジェネレータから出射する光の光量の時間変化が検出され、該光量の時間変化により前記物体面の面位置情報が検出されることを特徴とする請求項1の検出装置。

【請求項3】 前記2つのパターンジェネレータはDMD素子であることを特徴とする請求項2の検出装置。

【請求項4】 前記2つのパターンジェネレータは互いに同一ないし相似のパターンを形成することを特徴とする請求項2の検出装置。

【請求項5】 前記パターンジェネレータはDMD素子であることを特徴とする請求項1の検出装置。

【請求項6】 前記パターンジェネレータはSLM素子であることを特徴とする請求項1の検出装置。

【請求項7】 前記パターンジェネレータは液晶素子であることを特徴とする請求項1の検出装置。

【請求項8】 前記パターンジェネレータは面発光素子であることを特徴とする請求項1の検出装置。

【請求項9】 前記受光素子は所定面上に再形成された前記パターン像の位置情報を検出し、該位置情報により前記物体面の面位置情報が検出されることを特徴とする請求項1の検出装置。

【請求項10】 前記物体を前記物体面の概略沿った方向に移送する搬送手段を有し、前記パターンジェネレータは前記搬送手段の搬送に応じて形成するパターンを変化させることを特徴とする請求項1の検出装置。

【請求項11】 投影露光用の投影光学系と、感光性基板の面位置情報を検出する面位置情報検出手段、前記面位置情報検出手段の検出に基づいて前記感光性基板の前記投影光学系の光軸方向に沿った位置を制御する制御系とを有し、該面位置情報検出手段は、第1のパターンジェネレータと、該第1のパターンジェネレータの形成したパターンを感光性基板面上に前記投影光学系の光軸に對して傾斜した方向より投影して前記感光性基板面上にパターン像を形成する投光光学系と、前記パターン像からの光を導く受光光学系と、前記受光光学系に導かれた光を検出する受光素子とを含み、前記感光性基板上にレチクルの回路パターンを投影露光することを特徴とする露光装置。

【請求項12】 前記受光光学系は可動ミラーを有し、

10

さらに前記パターン像が再結像される面上に第2のパターンジェネレータを有し、前記受光素子では前記可動ミラーの変動中の前記第2のパターンジェネレータから出射する光の光量の時間変化が検出され、該光量の時間変化により前記感光性基板面の面位置情報が検出されることを特徴とする請求項11の露光装置。

【請求項13】 前記2つのパターンジェネレータはDMD素子であることを特徴とする請求項12の露光装置。

【請求項14】 前記2つのパターンジェネレータは互いに同一ないし相似のパターンを形成することを特徴とする請求項12の露光装置。

【請求項15】 前記パターンジェネレータはDMD素子であることを特徴とする請求項11の露光装置。

【請求項16】 前記パターンジェネレータはSLM素子であることを特徴とする請求項11の露光装置。

【請求項17】 前記パターンジェネレータは液晶素子であることを特徴とする請求項11の露光装置。

【請求項18】 前記パターンジェネレータは面発光素子であることを特徴とする請求項11の露光装置。

【請求項19】 前記受光素子は所定面上に再形成された前記パターン像の位置情報を検出し、該位置情報により前記感光性基板面の面位置情報が検出されることを特徴とする請求項11の露光装置。

【請求項20】 前記感光性基板を前記投影光学系の光軸に垂直方向に移送する搬送手段を有し、前記パターンジェネレータは前記感光性基板上の被測定位置の情報に基づいて、前記搬送手段の搬送に伴って形成するパターンを変化させることを特徴とする請求項11の露光装置。

【請求項21】 パターンジェネレータの形成したパターンの感光性基板面上への投影光学系の光軸に傾斜した方向からの投影により前記感光性基板面上にパターン像を形成し、前記パターン像からの光を受光素子へ導光し、該導光された光を受光素子により検出し、該検出に基づいた前記感光性基板の前記投影光学系の光軸方向に沿った位置の制御を行い、前記制御が実行された感光性基板へ回路パターンを前記投影光学系を介して投影露光し、前記投影露光を実行された感光性基板を現像し、該現像を実行された感光性基板上へ回路パターンを形成してデバイスを製造することを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項22】 光源からの光束で照明した第1のDMD素子によるパターンを投光光学系によって投影光学系の結像面又はそれの近傍に設けた物体面に該投影光学系の光軸に對して斜方向から投影し、該物体面上にパターン像を形成し、該パターン像を受光光学系によって所定面上に再形成し、該所定面上に再形成した該パターン像の形成状態を受光手段で検出して、該物体面の面位置情報を検出していることを特徴とする面位置検出装置。

50

【請求項23】 光源からの光束で照明した第1のDMD素子によるパターンを投光光学系によって投影光学系の結像面又はその近傍に設けた物体面上に該投影光学系の光軸に対して斜方向から投影し、該物体面上にパターン像を形成し、該パターン像を受光光学系と可動ミラーによって第2のDMD素子面上に再形成し、該可動ミラーを駆動させたときの該第2のDMD素子からの反射光束の光量の時間変化を受光手段で検出することによって該物体面の面位置情報を検出していることを特徴とする面位置検出装置。

【請求項24】 前記受光手段は位置検出素子より成り、前記所定面上には光散乱素子が配置されており、該光散乱素子面上に再形成されたパターン像を結像レンズによって該位置検出素子面上に投影し、該位置検出素子で得られる位置情報より前記物体面の面位置情報を検出していることを特徴とする請求項22の面位置検出装置。

【請求項25】 前記第1のDMD素子を構成する複数の画素ミラーを駆動制御して所望のパターンを前記物体面上に形成していることを特徴とする請求項22又は23の面位置検出装置。

【請求項26】 前記物体面は前記投影光学系の光軸と直交方向に移動可能となっており、該物体面の移動に同期させて前記第1のDMD素子を構成する複数の画素ミラーを駆動制御して所望のパターンを該物体面上に形成していることを特徴とする請求項22, 23又は24の面位置検出装置。

【請求項27】 前記物体面は前記投影光学系の光軸と直交方向に移動可能となっており、該物体面の移動に同期させて前記第1のDMD素子と第2のDMD素子を構成する複数の画素ミラーを各々駆動制御していることを特徴とする請求項23の面位置検出装置。

【請求項28】 請求項22～27の何れか1項記載の面位置検出装置を用いて第1物体面と第2物体面との光軸方向の位置合わせを行って該第1物体面上のパターンを投影光学系を介して第2物体面上に投影していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項29】 請求項22～27の何れか1項記載の面位置検出装置を用いてレチクルとウエハとの位置合わせを行った後に、レチクル面上のパターンをウエハ面上に投影露光し、その後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項30】 請求項28の投影露光装置を用いてレチクルとウエハとの位置合わせを行った後に、レチクル面上のパターンをウエハ面上に投影露光し、その後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 合に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】近年、IC, LSI等の半導体デバイスの微細加工技術として、マスク（レチクル）の回路パターン像を投影光学系（投影レンズ）により感光基板上に形成し、感光基板をステップアンドリピート方式又はステップアンドスキャン方式で露光する縮小投影露光装置（ステッパー）や走査型の投影露光装置が種々と提案されている。

20 【0003】このうちステッパーにおいては、レチクル上の回路パターンを所定の縮小倍率を持った投影光学系を介して、ウエハ面上の所定の位置に縮小投影して転写を行い、1回の投影転写終了後、ウエハが載ったステージを所定の量だけ移動して、再び転写を行うステップを繰り返してウエハ全面の露光を行っている。

【0004】又、走査型の投影露光装置では、光源手段からの光を照明手段によりスリット状光束に整形して第1物体（レチクル）面上のパターンを照明し、該第1物体面上のパターンを投影光学系により可動ステージに載置した第2物体（ウエハ）面上に走査手段により該第1物体と該可動ステージを該スリット状光束の短手方向に該投影光学系の撮影倍率に対応させた速度比で同期させて走査させながら投影露光している。

【0005】このような投影露光装置を用いて微細な回路パターンの転写を行うには、ウエハ面へのフォーカス位置（投影光学系の光軸方向の位置）を適切に設定することが重要になってくる。

40 【0006】図15は従来のウエハ面の面位置情報（光軸方向情報）を検出する面位置検出装置を有した投影露光装置の要部概略図である。同図において21は回路原版（第1物体）であるところのレチクルでレチクルステージ22に載置されている。23はレチクル21を1/5に縮小投影する投影レンズ、6はレジストを塗布したウエハ、7はウエハチャックであり、ウエハ6を吸着保持している。8, 9はXYステージ、10はZステージである。

【0007】101は照明系であり、レチクル21を照
明している。照明系101からの光束20でレチクル21を照明すると、レチクル21上の回路パターンはウエハ6上に結像し、回路パターンがレジストに焼き付けら
れる。1ショットの焼き付けが完了すると、XYステー

ジ8, 9をステップ駆動し、隣に焼き付ける。このようにして、1枚のウエハ全面にマトリクス状に、回路パターンが焼き付けられている。

【0008】次に面位置検出装置について説明する。光源1から照射された光線はコリメータレンズ2によって平行光にされ、スリット17の裏面からスリット全面を均一に照射する。スリット17とウエハ6面上の被検出面6aはシャインブルーフの関係になっており、スリット17上に開口として形成されたスリットの像はウエハ6面上に投影される。

【0009】ウエハ6面上に投影されたスリット像は受光レンズ系11, 可動ミラー12, そして受光レンズ系13を介してスリット18面上に再結像する。スリット18の開口を通過した光束を集光レンズ15によって集光して受光センサ16上に導光している。

【0010】受光側ではやはりウエハ面6とスリット18が共役になっており、投光側のスリット17の各開口に対応する位置に開口群が配置されている。振動ミラー12でスリット17のスリット像の空間像を受光側のスリット18に対して単振動させている。その結果、受光センサ16は投光側のスリット17の空間像と受光スリット18のスリットとのANDの出力を検出する。

【0011】図中、ウエハ6が上下(光軸AX方向)に動くと、パターン像はスリット18上を移動することになり、振動ミラー12の振動に伴って受光センサ16で得られる信号は時間的に変化する。このときの受光センサ16からの出力信号より信号処理回路24でウエハの基準面位置を算出している。この算出した結果を基にドライバ25がZステージ10を駆動し、ウエハ面6の高さを調整している。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】図15に示すような光学方式の面位置検出装置は被検査面6aとしてミラーのように理想的な反射面に対しては面位置を高精度に計測することが可能である。しかしながらプロセスウエハのように計測面内に段差があったり、表面にレジストのような透明なフィルムに覆われている被検面に対しては位置検出誤差が生じることが知られている。

【0013】例えば、局所的に $1\mu m$ 近い段差があるウエハサンプルに $1\mu m$ 程度のレジストが塗布されていた場合、光束の入射条件によっては $1\mu m$ 近い面位置検出誤差が発生することがある。これらの検出誤差は、実際にウエハーを焼く前にいろいろなフォーカス条件で試し焼きをすることによって最適フォーカス位置が求められるため、最終的にはオフセットとして処理されているが、このオフセットの量が大きいことは計測再現性を悪化させる大きな原因になる。

【0014】ウエハの面位置検出の最大の目的はウエハ露光像面と投影レンズによるレチクル投影像面を一致させることである。しかしながら、レチクルパターンの投

影画像は、

- (1) レチクル自体の歪
- (2) 投影レンズの像面弯曲

等により平面にならないことが一般である。また非露光面であるウエハ表面もレチクル像面とは無関係に歪んでいるため、レチクル像面と被露光面を完全に一致させることは困難である。このことは投影レンズのNAが増大し、焦点深度が十分確保できない昨今では深刻な問題である。

10 【0015】特に最近の半導体素子はますます微細化が進み、投影レンズのNAの増大に伴いパターンを焼き付け可能な最良像面からの許容範囲を意味する焦点深度は小さくなっている為、ウエハの面位置の検出精度はますます厳しいものとなっている。

【0016】本発明は、ウエハ表面の光軸方向の位置情報、そしてウエハ表面の傾き情報を高精度に検出し、ウエハ表面を投影光学系の結像位置に高精度に位置させ、高集積度のデバイスを容易に製造することができる検出装置及びそれを用いた露光装置の提供を目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明の検出装置は、(1-1) 第1のパターンジェネレータと該第1のパターンジェネレータの形成したパターンを物体面上に斜め方向より投影して前記物体面上にパターン像を形成する投光光学系と、前記パターン像からの光を導く受光光学系と、前記受光光学系に導かれた光を検出する受光素子とを有し、該受光素子の検出により前記物体面の面位置情報を検出することを特徴としている。

【0018】特に、

30 (1-1-1) 前記受光光学系は可動ミラーを有し、さらに前記パターン像が再結像される面上に第2のパターンジェネレータを有し、前記受光素子では前記可動ミラーの変動中の前記第2のパターンジェネレータから出射する光の光量の時間変化が検出され、該光量の時間変化により前記物体面の面位置情報が検出されること。

【0019】(1-1-2) 前記2つのパターンジェネレータはDMD素子であること。

【0020】(1-1-3) 前記2つのパターンジェネレータは互いに同一ないし相似のパターンを形成すること。

【0021】(1-1-4) 前記パターンジェネレータはDMD素子であること。

【0022】(1-1-5) 前記パターンジェネレータはSLM素子であること。

【0023】(1-1-6) 前記パターンジェネレータは液晶素子であること。

【0024】(1-1-7) 前記パターンジェネレータは面発光素子であること。

50 【0025】(1-1-8) 前記受光素子は所定面上に再形成された前記パターン像の位置情報を検出し、該位置情報により前記物体面の面位置情報を検出されること。

【0026】(1-1-9) 前記物体を前記物体面の概略沿った方向に移送する搬送手段を有し、前記パターンジェネレータは前記搬送手段の搬送に応じて形成するパターンを変化させること等を特徴としている。

【0027】本発明の露光装置は、

(2-1) 投影露光用の投影光学系と、感光性基板の面位置情報を検出する面位置情報検出手段、前記面位置情報検出手段の検出に基づいて前記感光性基板の前記投影光学系の光軸方向に沿った位置を制御する制御系とを有し、該面位置情報検出手段は、第1のパターンジェネレータと、該第1のパターンジェネレータの形成したパターンを感光性基板面上に前記投影光学系の光軸に対して傾斜した方向より投影して前記感光性基板面上にパターン像を形成する投光光学系と、前記パターン像からの光を導く受光光学系と、前記受光光学系に導かれた光を検出する受光素子とを含み、前記感光性基板上にレチクルの回路パターンを投影露光することを特徴としている。

【0028】特に、

(2-1-1) 前記受光光学系は可動ミラーを有し、さらに前記パターン像が再結像される面上に第2のパターンジェネレータを有し、前記受光素子では前記可動ミラーの変動中の前記第2のパターンジェネレータから出射する光の光量の時間変化が検出され、該光量の時間変化により前記感光性基板面の面位置情報が検出されることを特徴とする請求項11の露光装置。

【0029】(2-1-2) 前記2つのパターンジェネレータはDMD素子であること。

【0030】(2-1-3) 前記2つのパターンジェネレータは互いに同一ないし相似のパターンを形成すること。

【0031】(2-1-4) 前記パターンジェネレータはDM 30 D素子であること。

【0032】(2-1-5) 前記パターンジェネレータはSL M素子であること。

【0033】(2-1-6) 前記パターンジェネレータは液晶素子であること。

【0034】(2-1-7) 前記パターンジェネレータは面発光素子であること。

【0035】(2-1-8) 前記受光素子は所定面上に再形成された前記パターン像の位置情報を検出し、該位置情報により前記感光性基板面の面位置情報が検出されること。

【0036】(2-1-9) 前記感光性基板を前記投影光学系の光軸に垂直方向に移送する搬送手段を有し、前記パターンジェネレータは前記感光性基板上の被測定位置の情報に基づいて、前記搬送手段の搬送に伴って形成するパターンを変化させること等を特徴としている。

【0037】本発明の面位置検出装置は、

(3-1) 光源からの光束で照明した第1のDMD素子によるパターンを投光光学系によって投影光学系の結像面又はそれの近傍に設けた物体面に該投影光学系の光軸に対

して斜方向から投影し、該物体面上にパターン像を形成し、該パターン像を受光光学系によって所定面上に再形成し、該所定面上に再形成した該パターン像の形成状態を受光手段で検出して、該物体面の面位置情報を検出していることを特徴としている。

【0038】特に、

(3-1-1) 前記受光手段は位置検出素子より成り、前記所定面上には光散乱素子が配置されており、該光散乱素子面上に再形成されたパターン像を結像レンズによって該位置検出素子面上に投影し、該位置検出素子で得られる位置情報より前記物体面の面位置情報を検出していることを特徴としている。

【0039】(3-2) 光源からの光束で照明した第1のDMD素子によるパターンを投光光学系によって投影光学系の結像面又はそれの近傍に設けた物体面に該投影光学系の光軸に対して斜方向から投影し、該物体面上にパターン像を形成し、該パターン像を受光光学系と可動ミラーによって第2のDMD素子面上に再形成し、該可動ミラーを駆動させたときの該第2のDMD素子からの反射光束の光量の時間変化を受光手段で検出することによって該物体面の面位置情報を検出していることを特徴としている。

【0040】特に、

(3-2-1) 前記物体面は前記投影光学系の光軸と直交方向に移動可能となっており、該物体面の移動に同期させて前記第1のDMD素子と第2のDMD素子を構成する複数の画素ミラーを各々駆動制御していることを特徴としている。

【0041】(3-1) 又は(3-2)において、

(3-2-1) 前記第1のDMD素子を構成する複数の画素ミラーを駆動制御して所望のパターンを前記物体面上に形成していること。

【0042】(3-2-2) 前記物体面は前記投影光学系の光軸と直交方向に移動可能となっており、該物体面の移動に同期させて前記第1のDMD素子を構成する複数の画素ミラーを駆動制御して所望のパターンを該物体面上に形成していること。等を特徴としている。

【0043】本発明の投影露光装置は、

(4-1) 構成(3-1)又は(3-2)の面位置検出装置を用いて第1物体面と第2物体面との光軸方向の位置合わせを行って該第1物体面上のパターンを投影光学系を介して第2物体面上に投影していることを特徴としている。

【0044】本発明のデバイスの製造方法は、

(5-1) パターンジェネレータの形成したパターンの感光性基板面上への投影光学系の光軸に傾斜した方向からの投影により前記感光性基板面上にパターン像を形成し、前記パターン像からの光を受光素子へ導光し、該導光された光を受光素子により検出し、該検出に基づいた前記感光性基板の前記投影光学系の光軸方向に沿った位置の制御を行い、前記制御が実行された感光性基板へ回路パ

ターンを前記投影光学系を介して投影露光し、前記投影露光を実行された感光性基板を現像し、該現像を実行された感光性基板上へ回路パターンを形成してデバイスを製造することを特徴としている。

【0045】(5-2) 構成(3-1) 又は(3-2) の面位置検出装置を用いてレチクルとウエハとの位置合わせを行った後に、レチクル面上のパターンをウエハ面上に投影露光し、その後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴としている。

【0046】(5-3) 構成(4-1) の投影露光装置を用いてレチクルとウエハとの位置合わせを行った後に、レチクル面上のパターンをウエハ面上に投影露光し、その後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴としている。

【0047】

【発明の実施の形態】図1は本発明の面位置検出装置を有した投影露光装置の実施形態1の要部概略図である。図1の実施形態を説明する前に、本実施形態において用いているDMD素子の構成について説明する。

【0048】DMD素子とは Deformable Mirror Device の略であり、シリコンチップ上にフォトリソグラフィーによって2次元配列の微小なミラーを形成した構成より成っており、各ミラーは画素ミラーと呼ばれ、静電力によって微小角(～10度)駆動することができるようになっている。画素ミラーのサイズは最小 $17\text{ }\mu\text{m}$ 程度であり、開口率は80%を越えている。この微小な画素ミラーの複数の組み合わせによって反射型のスリット群を形成している。

【0049】図2(A)はDMD素子の概念図である。画素ミラーのマトリクスは最大 568×768 以上である。図2(B), (C), (D)は画素ミラーを駆動して所望のスリットパターン(パターン)を形成した例である。ここでは単純な3つのパターンを示したが、基本的にどんな形のパターンでも形成可能である。DMD素子のサイズは基本的にフォトリソグラフィーによって製作するものなので露光ショットと同一サイズのものが作成可能である。

【0050】例えばDMD素子を露光ショット面に投影する為の投光レンズ系として等倍のアフォーカル系を用いれば、DMD素子をそのまま露光ショットの全面計測可能なスリットとして適用することができる。

【0051】次に図1の実施形態1の各要素について説明する。本実施形態では物体としてデバイス製造用のウエハ6を用いて、そのウエハ面の垂直方向(Z方向)の高さや傾き等の面位置情報(焦点位置情報)を検出する場合を示している。

【0052】図中101は露光光を照射する照明系であり、DUVの*i*線やKrF, ArFのエキシマレーザ等からの露光光20を射出している。21は回路パターンが描画されたレチクル(第1物体)であり、レチクルス

テージ22に載置している。

【0053】23は投影レンズ(投影光学系)であり、レチクル21上の回路パターン(投影光学系23側に描画されている)をレジストが塗布されたウエハ(第2物体)6に縮小投影している。ウエハ6はウエハチャック7に吸着保持されている。

【0054】尚、本実施形態がステップアンドスキャン方式の投影露光装置の場合には、レチクル21とウエハ6とを投影光学系23の結像倍率に応じて同期を取りながら所定の速度比で走査(スキャン)させながら投影露光を行っている。8, 9はXYステージ、10はZチルトステージである。

【0055】本実施形態では、面位置検出装置(各要素1～5, 11～16, 19)を用いてウエハ6の面位置情報を検出することによってウエハ6の投影光学系23の光軸方向の高さが投影光学系23に関して、レチクル21と共役関係となるようにしている。即ち、ウエハ6が投影光学系23の最良結像面に位置するようにドライバ25でステージ10を駆動制御している。

【0056】特に本実施形態では面位置検出装置の光路中に授受光スリットとしてパターンジェネレータとしてのDMD素子を配置し、DMD素子の任意の画素ミラーを駆動することにより、任意のパターンを形成し(可変スリット)、このパターン像をウエハ上の被検出領域に投影することで被検出領域内の任意の場所を測ることができるようしている。又、DMD素子を駆動するコンピュータにあらかじめ測定点に関する情報を入力しておき、その測定点に対応する素子部分に被検出面への投影光束を生じるよう制御することにより、測定エラーの少ない高精度な焦点検出を行っている。また、本実施形態では、被露光ショット内でも最も線幅の細いエリアに対してパターン投影して面位置検出を行うことで選択的にフォーカスすることができ、これによってクリティカルレイヤの焼き付け精度を向上させ、全体としてチップの歩留まりを向上させている。

【0057】次に本実施形態における面位置検出装置の各要素について説明する。光源1(LEDやハロゲンランプ等)から射出された波長λの照明光(測定光)はコリメータレンズ2によって平行光となり、投光側のDMD素子(第1のDMD素子)3に入射する。DMD素子の画素ミラー(パターン)で反射した反射光は、投光レンズ系4, 5によってウエハ6面に結像する。このときウエハ6面上にはDMD素子3の画素ミラーに基づくパターン像が形成される。尚、DMD素子3とウエハ6とは投光レンズ系4, 5によってシャインブルーフの関係となるようしている。

【0058】ウエハ6で反射された照明光は、受光レンズ系11、振動ミラー12、受光レンズ系13によって集光され、受光側のDMD素子(第2のDMD素子)14の画素ミラー面上に再結像する。DMD素子14から

の光束をレンズ系15によって受光センサ16面上に集光している。

【0059】投光側のDMD素子3と受光側のDMD素子14とは光学的に共役関係となっている。振動ミラー12を駆動手段19で振動させてウエハ6面上に形成したパターン像を受光側のDMD素子14面上で振動させている。受光センサ16はウエハ6面上に形成したパターン像と受光側のDMD素子14の画素ミラーに基づくパターンとのAND出力を検出していることになる。

【0060】本実施形態においてウエハ6が上下方向(投影光学系の光軸AX方向)に動くと、受光側のDMD素子14に形成されるパターン像はDMD素子14面上を移動する。このときのパターン像の移動を光量の変化として受光センサー16で検出している。そして受光センサー16からの出力信号を信号処理回路24で算出することによってウエハ6の高さ情報や傾き情報等の面位置情報(焦点位置情報)を検出している。この結果に基づいてドライバ25でZチルトステージ10を駆動することでウエハ6面を投影光学系23の最良結像面にもつていく。

【0061】次に本実施形態における各要素の特徴について説明する。投光側のDMD素子(DMD)3は照明光の光軸に対して θ_2 、投光光学系4、5の光軸に対して θ_1 の角度で設定されている。角度 θ_1 は投光光学系4、5の倍率と焦点検出光のウエハ6への入射角によって決まる。倍率を1倍、入射角を15度とすれば角度 θ_1 は15度である。角度 θ_2 は角度 θ_1 と画素ミラーの振れ角 ϕ によって決まり、 $(\theta_1 + 2\phi)$ を越えない範囲で最大の角度を選ぶことが望ましい。 $\phi \sim 10^\circ$ とすると、 $\theta_2 = 35^\circ$ となる。

【0062】DMD3の各画素ミラーは、駆動電圧が0の時は偏向角0°であり、DMD3の表面に対し平行になっている。したがって駆動電圧がOFF状態の画素ミラーに入射した光束はDMD3に対し35°で正反射し、投光レンズ4、5に入射することはない。

【0063】一方、(駆動電圧がかけられている)ON状態の画素ミラーに入射した光はこのミラーによって20°偏向されるのでDMD3の表面からの出射角は15°となり、2次光源としてスリット像を形成する1要素となることができる。DMD3と被計測面6aの位置関係はいわゆるシャインブルーフの関係を満たし、図では画素ミラーa, b, cと、計測点(空中像)a', b', c'は共役関係にある。計測点a', b', c'に投影された画素ミラーa, b, cの空中像(a', b', c')はウエハ面6で反射され、受光レンズ系11、13によって、受光側のDMD14上に再投影される。受光側のDMD14の画素ミラーa'', b'', c''はやはり計測点a', b', c'と共に位置に配置され、投光側のDMD3の各配列の画素ミラーa, b, cと受光側のDMD14の画素ミラーa'', b'', c''と

はそれぞれ共役な関係にある。当然、この際、DMD3とDMD14の各画素ミラーによる形成パターンは同一ないし結像倍率に応じた相似形である。

【0064】振動ミラー12が所定の角度にあり、DMD3の空間像a'、b'、c'と被計測面6'が一致したとき、画素ミラーa, b, cの空中像a'、b'、c'による反射光が画素ミラーa''、b''、c''によって反射され、受光センサ16に入射する光量が最大となる。このとき振動ミラー12の振動数をfとすると、受光センサ16からの出力信号の振動数は2fとなる。またウエハ6がこの基準位置よりずれると前記出力信号のうち振動数2fの成分は減り、振動数fの成分が増加するので、この出力信号を信号処理回路24で位相検波することにより、被計測面6aの面位置情報を算出することができる。

【0065】次に図3、4を用いて面位置検出装置を半導体素子製造用の投影露光装置に適用した場合の動作について説明する。図3(A)はウエハ上のある形成パターン部分に従来の面位置検出装置に於ける計測スポットが当たっている様子を示している。

【0066】図で41a～41dはパターン形成部であり、その輪郭は段差部を示す。40は計測スポットである。通常これら計測スポット40はスリット状の光束が用いられ、パターンのエッジに対して角度を持たせて入射されることが多い。その理由は計測スポット40がエッジ部に入射するとエッジによる散乱が起こり、計測値に影響を及ぼすからである。

【0067】つまりエッジ部と並行にスリットを照射した場合、その影響は最大になる。エッジに対し斜めにスリットを照射することによってスリットがエッジ部と交差する領域は面積的に小さくすることはできるのでこれら検出誤差はある程度低減することができるが0にすることはできない。ところが昨今のように投影レンズにNA0.5～0.6というようなhighNAの投影レンズが使われるようになると、像面の焦点深度は1μmを切るようになり僅かな検出誤差も許容できなくなる。

【0068】図3(B)は本発明の面位置検出装置を前記パターン領域に対して適用した例である。入射側のDMD3はパターン面に対し共役なので、パターン41a～41dに対し各画素ミラーの結像位置が図の点線のマトリクスに対応する。

【0069】本発明によればこれら画素ミラーによる投影パターン像であるところのスリット像はDMDドライバ31によって任意に形成できるので、例えば領域42a～42dのように照射するようにしている。このような照射領域42a～42dではフォーカスピームがエッジに当たることがないのでエッジ散乱に起因するフォーカスエラーを0にことができ、本実施形態ではこれによって高精度な面位置検出を可能としている。

【0070】図4は本発明を走査型の投影露光装置に適

用した場合のウエハ面上に投影されるパターンを示している。点線のマトリクスを塗りつぶした矩形領域はDM D 3 の画素ミラーのサイズで分割したウエハー 6 面上の測定領域である。6 1 はスリット状の露光領域、6 2 は露光領域の中心軸、矢印はステージの走査方向を示す。説明の簡略化のために各測定画素に8行13列の番号を付ける。

【0071】図4では第4列の測定画素ラインと露光スリット中心6 2 が一致している。このとき対応するDM D 3 の画素ミラーのマトリクスを8行3列とすると図5

(A) のように画素ミラーを反転(スイッチON)すれば良い(実際の露光スリットの大きさは幅で5mm以上、長さ方向に20mm以上あるので、マトリクスの大きさは1000×250以上になる。)。

【0072】ステージは最大200mm/秒程度で露光スリットに対して走査される。画素ミラーのサイズを17μmとすると、第5列の測定画素ラインがスリット中心にくるまでの所要時間は85μ秒である。DMDの画素ミラーの応答速度は10μ秒なのでDMDの画素ミラーはスキャン系に十分な応答速度を有していることがわかる。つまりDMDドライバ3 1 は85μ秒後に図5

(B) のように画素ミラーを反転させればウエハー上の所望の測定点を計測できることがわかる。

【0073】現実の制御系に於いてはステージの走査速度は200mm/秒からばらつきをもつてDMDの画素ミラーの制御をオープンループで時間制御するよりもX、Yステージの位置をモニターするレーザー干渉測長器のコントローラ3 0からのステージの位置情報を主制御系1 0 0 を介してDMDドライバ3 1 にフィードバックし、その位置情報に応じて画素ミラーを制御するのがより適当である。画素ミラーの制御は投光側のDMD 3 と受光側のDMD 1 4 を同時に用いる必要があるため、主制御系1 0 0 はDMDドライバ3 1 と3 2 の両方に同じ制御信号を出力する。

【0074】上記手法により本実施形態は一括露光方式のステッパーにも、ステップ&スキャンに代表される走査型露光方式のステッパーにも適用でき、高精度なフォーカス検出系を提供することができる。

【0075】検出誤差の小さい計測点を知ることは現実的にはかなり難しい作業であるが、本発明による効果を最大限に活用するためには欠かせない工程である。光プローブでウエハ表面の高さを測る工程に於いて、検出誤差を生む要因は、表面が誘電体膜であることに起因する干渉や、下地の反射率むらによる影響などがある。しかし、前者はS偏光で大きい入射角で投光することにより緩和され、反射率むらの影響も投光ビーム形状を工夫することにより低減できる。

【0076】しかしながら、レジストの表面段差やうねりによる影響は入射条件の変更によっても低減することは困難である。ところが、レジスト表面の段差が被測定

面のどこに存在しているかはレチクルの設計情報から知ることが可能である。ある露光プロセスでレジストを露光しようとしている時、必ず1つ前のレチクルによってパターニングされた部分はエッジになっている筈である。よって一つ前のレチクルのパターン情報を主制御系1 0 0 にインプットしておき、主制御系1 0 0 によってフォーカス計測位置を自動判別させ、ステージ走査時に最適な画素ミラー制御信号をDMDドライバ3 1 、3 2 に出すようにしておけばリアルタイムで最適なフォーカス制御を行うことができる。

【0077】図6はこの工程が入ることによる露光工程のシーケンス変更例のフローチャートである。ウエハ搬入前に「DMD制御信号生成工程」が入ったところが主な変更点である。AF測定点を算出するに当たって、1工程前のレチクル情報だけでは十分ではない。レジスト段差はそのプロセスに至るまでのすべての露光工程がら発生し得るからである。

【0078】しかしながら、それ以前の全ての工程によるエッジを考慮しなければならないというわけでもない。MOSトランジスタのゲート電極作成工程のように非常に薄い段差しか発生しない工程もあれば、素子分離やメモリセル領域を確定させるための工程では大きな段差が発生する(~1μm)。

【0079】そのため、それまでの全てのレチクル情報のうち、段差に関して支配的ないいくつかのレイヤを選択し、段差に関する重み係数を入力する工程が必要となる。レチクル情報はレチクル設計データをそのまま入力すればよいので、データをMT(磁気テープ)等に落としてステッパー制御系が読み取れるようにしておく(ステップ1)。

【0080】レチクル重み係数はウエハを酸化したり成膜したりするときの膜厚で決まる。よって各工程で作製される膜厚やデバイス設計者の意図によって決定される重み係数をステッパーのコンソールより入力できるようにしておく(ステップ2)。

【0081】次にAF計測点決定プロセスが入る(ステップ3)。(ステップ1)、(ステップ2)の工程によってウエハ座標のどこにどれ程の段差があるかわかつてないので、DMDの画素ミラーのうち、どこを計測点にすべきか否かを判定する。

【0082】具体的には図2(B)のように、レチクルパターン画面を投影倍率を考慮しながらDMDの画素ミラーのサイズに領域分割し、各画素毎にエッジが入るか否かを判定し、エッジが入らない、あるいはエッジから十分はなれている領域を選択し、計測点と判定する。これら計測点情報からウエハの位置座標毎のDMDの画素ミラー制御信号が作成され、それらは主制御系1 0 0 に保存される。

【0083】露光時は、レーザー干渉測長器のコントローラ3 0 から出力されるX、Yステージ8、9の位置信

号から主制御系100が前記DMDの画素ミラー制御信号を選択し、それらをDMDドライバ30、31に出力する。

【0084】図7は本発明の実施形態2の要部概略図である。実施形態1と異なるところは振動ミラーと受光側のDMDを用いていないことと、受光素子としてポジションセンサを用いていることである。振動ミラーを用いていないので実時間制御に有利であり、走査型の投影露光装置の面位置検出系に好適である。

【0085】図7において37は光散乱素子としてのブレーズド格子である。ブレーズド格子37は図8に示したように10°程度で入射した光束を格子面に対し垂直に射出するように構成されている。格子ピッチは画素ミラーのサイズの1/10程度以下である。格子表面に金属を蒸着し表面反射率が90%以上になっているものが好みしい。

【0086】代用として拡散板や多段のバイナリ格子を用いてもよい。36は結像レンズであり、ブレーズド格子37上に再結像されたスリット像をポジションセンサ34上に再々結像する。45はシリンドリカルレンズであり、ブレーズド格子37上に結像した2次元のスリット像を1次元の像に圧縮するときに用いている。

【0087】2次元画像を扱う時はポジションセンサは2次元CCD34となり、1次元画像に圧縮する時は1次元CCD44を用いている。結像レンズ36は1つしか示していないが、DMDのスリット画像は両テレンズのレンズ系でリレーされているので結像レンズ36も両テレンズ系になっているのが好みしい。また結像倍率も2~3倍以上であることが好みしい。

【0088】本実施形態ではポジションセンサ34面上に形成されるDMD3の画素ミラーから成るパターンの位置情報より信号処理回路33にてウエハ6の面位置を検出している。そして、その検出結果に基づいてドライバ25でZチルトステージ10を駆動制御するのは前述のとおりである。

【0089】図9は本実施形態において2次元CCD34上にDMD3の画素ミラーが結像倍率10の結像レンズ36によって投影されている様を模式的に示した図である。

【0090】背景の170μm□の格子は10倍で投影されたDMDの画素ミラーを示す。図9(A)のように1画素おきに計測に画素を決めた場合、指定された2n列目($n=1, 2, \dots$)の画素が2(n-1)列と2(n+1)列目の画素の位置と区別できるためにはセンサ上で±170μmの範囲が検出レンジとなり、これを高さ検出範囲に換算すると±15μmとなる。高さ検出範囲を拡大したい場合は計測画素ピッチを拡大すれば良い。

【0091】図9(B)では2画素おきに計測画素を指定しているが、この場合、計測レンジは1.5倍に拡大

10

20

30

40

50

する。3画素おきに指定すれば2倍になる。

【0092】シリンドリカルレンズ45を導入し、2次元のスリット画像を1次元のスリット画像に変換する際は図9の2次元画像をy方向に積分したものとなる。検出位置は前述したようにレチクルのエッジ情報をもとにランダムに選択しても、それらをy方向に積分することによってスリットの数は圧縮され、スリットの位置検出する処理時間の低減に役立つ。その際、被検物の高さ変位によってスリット像はx方向に移動するのみなので、y方向に関しては間引く必要はなく、任意の画素を計測画素として使用することができる。

【0093】次にパターンジェネレータの変形例を説明する。図10は空間光変調素子(SLM)の説明図である。導電性の膜であって光に対し所定の反射率を有するミラー電極50と紙面に垂直な面内に2次元的に配列された画素電極52、53で粘弾性膜51を挟み込む構造をしている。ミラー電極50と画素電極との間には基底電圧V0が印加されている(例えば250V)。1画素毎交互に配置されている画素電極52、53の間にはスイッチがあり、電位差士Vs[V]を与えることができる。Vs=0のとき、粘弾性膜51内の電位分布は一様になるためミラー電極50は平坦になり、斜めから入射した光束を正反射する(図10(A))。Vsとして所定の電圧、例えば±15Vが印加された場合、粘弾性膜51内の電位分布は一様でなくなり、例えば画素電極52のピッチに等しい間隔で凹凸を有する、所謂位相格子構造がミラー電極50によって形成される(図10(B))。この場合、傾入射した光は散乱されたり、偏向されたりするのでこの部分をスリットの非反射部とすることで画素電極単位の空間光変調素子として作用する。また、光学系の構成によっては位相格子部をスリットとして用いる事も当然可能である。前出の実施例では可変スリットとしてDMD素子を例に挙げたが、このような空間光変調素子を前出のDMD素子に置換して用いても同様の装置を構成することができる。

【0094】パターンジェネレータの役割として可変スリットだけが目的ならば、SLMの代わりに液晶装置、2次元アレイ状の面発光素子等も使用することができる。図11は第3の実施形態の要部概略図であり、本実施形態は可変スリットとして液晶装置を用いた例である。以下、図中、前出と同様の部材には同じ符番を冠し、説明は省略する。

【0095】61が液晶装置、62が偏光板である。本装置では、ステージの位置をレーザー測長器30によりモニタし、主制御装置100を介して、液晶制御装置63によって液晶装置61を制御する。液晶装置61によって偏光を制御された光は偏光板62で明暗像として2次元スリット像を形成することができる。

【0096】図12は第4の実施形態の要部概略図で、本実施形態は可変スリットとして2次元アレイ状の面発

光素子71を用いた例である。71にはLEDやLDを2次元アレイ状に並べたのもでも良いし、CRTディスプレイ装置でも良いし、プラズマディスプレイのようないい、所謂FED(Field Emission Display)でも良い。

【0097】以上各実施形態は半導体素子製造用の投影露光装置、とくにスキャナ露光装置に適用した例について述べてきたが、本発明はその他EB露光装置や、液晶露光装置、X線露光装置、あるいは一般に用いられている高さ検出装置に適用可能である。

【0098】次に上記説明した投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法を説明する。

【0099】図13は半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、或は液晶パネルやCCD等)の製造のフローチャートである。

【0100】本実施例においてステップ1(回路設計)では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2(マスク製作)では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0101】一方、ステップ3(ウエハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、前記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【0102】次のステップ5(組立)は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。

【0103】ステップ6(検査)ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

【0104】図14は上記ステップ4のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。まずステップ11(酸化)ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。

【0105】ステップ13(電極形成)ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打込み)ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。

【0106】ステップ17(現像)では露光したウエハを現像する。ステップ18(エッチング)では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0107】尚本実施例の製造方法を用いれば高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができる。

【0108】

【発明の効果】本発明によれば以上のように各要素を設定することにより、ウエハ表面の光軸方向の位置情報、そしてウエハ表面の傾き情報を高精度に検出し、ウエハ表面を投影光学系の結像位置に高精度に位置させ、高集積度のデバイスを容易に製造することができる検出装置及びそれを用いた露光装置を達成することができる。

【0109】特に、半導体素子製造用の投影露光装置の面位置検出装置に適用することにより、被検出領域内の任意の場所を測ることが可能になり、測定エラーの少ない高精度な面位置検出を行うことができる。また、被露光ショット内でも最も線幅の細いエリアに対して選択的にフォーカスすることができるのでクリティカルレイヤの焼き付け精度が向上し、全体としてチップの歩留まりを向上させることができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の投影露光装置の実施形態1の要部概略図

【図2】本発明で用いているDMDの画素ミラーの説明図

【図3】ICパターンとスリットの位置関係の説明図
【図4】走査型の投影露光装置におけるDMDの画素ミラーと走査スリットの説明図

【図5】走査型の投影露光装置におけるDMDの画素ミラーの時間変化の説明図

【図6】本発明の実施形態1の露光シーケンスのフローチャート

【図7】本発明の投影露光装置の実施形態2の要部概略図

【図8】図7のブレード格子の説明図

【図9】図7のポジションセンサ上のスリット画像の説明図

【図10】本発明に係るSLM素子の説明図

【図11】本発明の実施形態3の要部概略図

【図12】本発明の実施形態4の要部概略図

【図13】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

【図14】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

【図15】従来の投影露光装置の要部概略図

【符号の説明】

1 光源

2, 15 コリメータレンズ

3, 14 DMD素子

4, 5 投光レンズ系

6 ウエハー(被検物)

7 ウエハチャック

8, 9 XYステージ

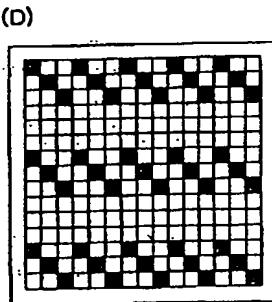
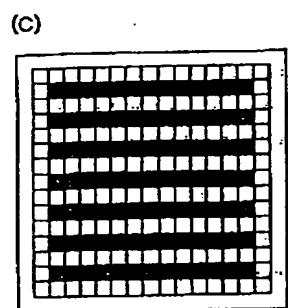
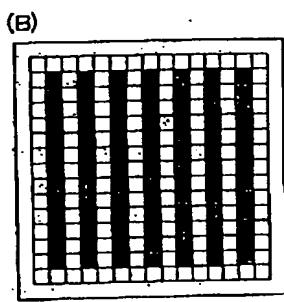
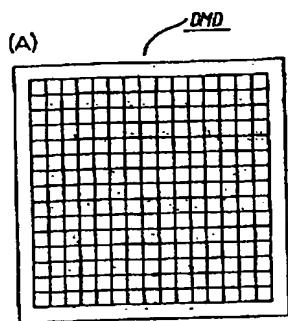
10 Zチルトステージ

11, 13 受光レンズ系

- 1 2 振動ミラー
 1 6 受光センサ
 1 7, 1 8 スリット
 2 1 レチクル
 2 2 レチクル保持台
 2 3 投影レンズ
 2 4 信号処理回路
 2 5 Zステージコントローラ
 3 0 レーザー干渉計コントローラ
 3 1, 3 2 DMD ドライバ
 3 3 (4 4) 2次元(1次元)センサ

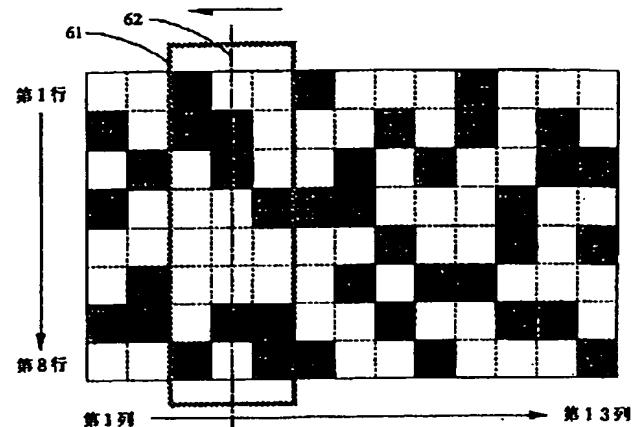
- 3 6 結像レンズ
 3 7 プレーズド格子
 3 8 反射ミラー
 4 5 シリンドリカルレンズ
 1 0 0 主制御装置
 5 0 ミラー電極
 5 2, 5 3 画素電極
 5 1 粘弾性膜
 6 1 液晶装置
 10 6 2 偏光板
 7 1 面発光素子

【図2】

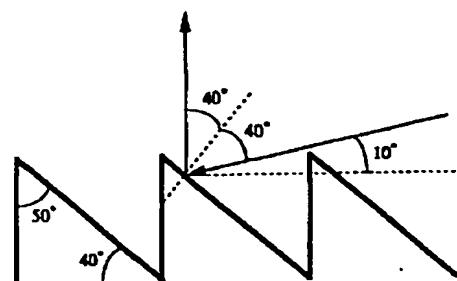
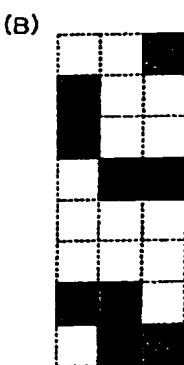
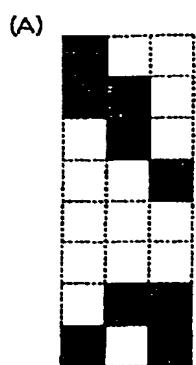


【図5】

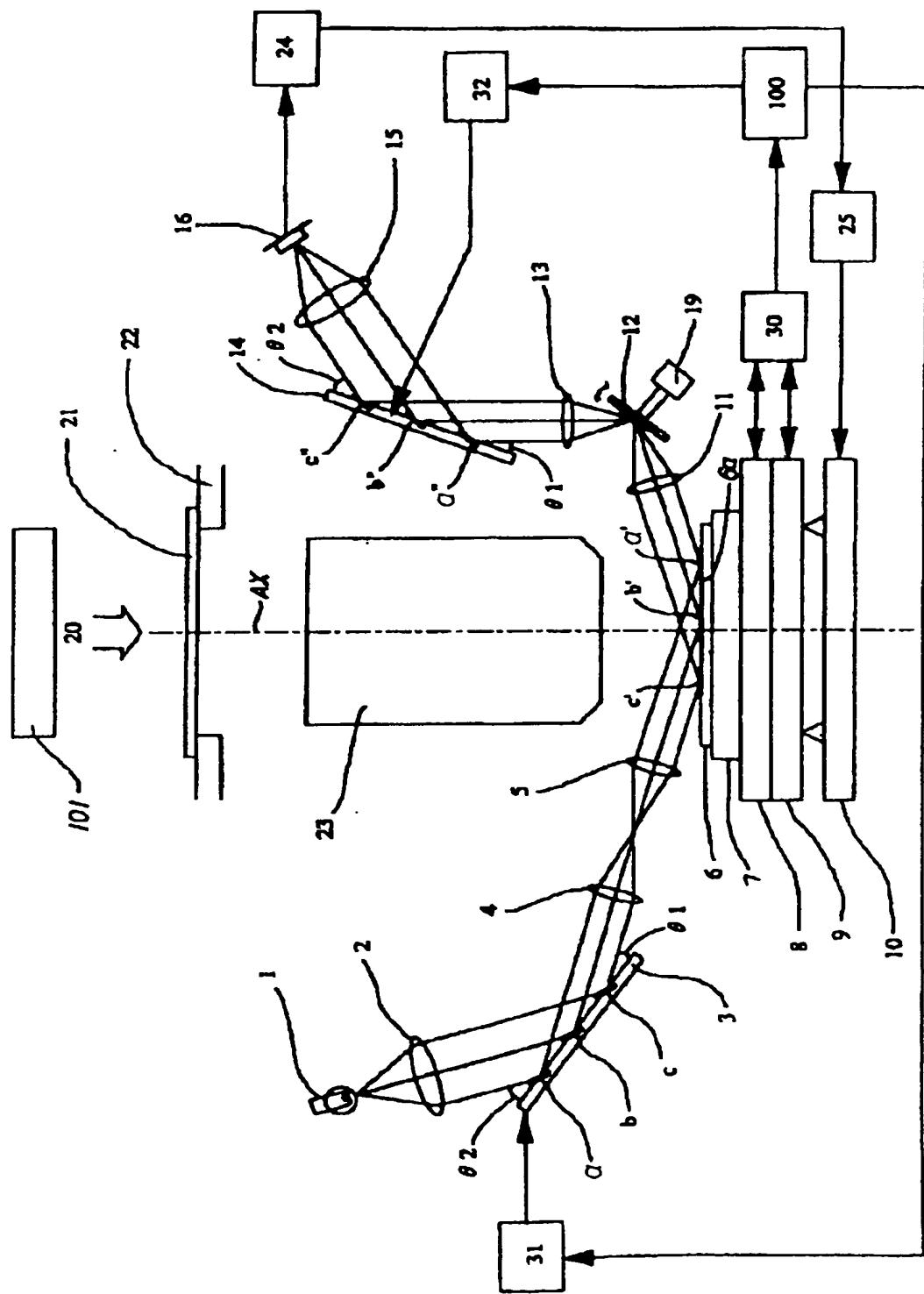
【図4】



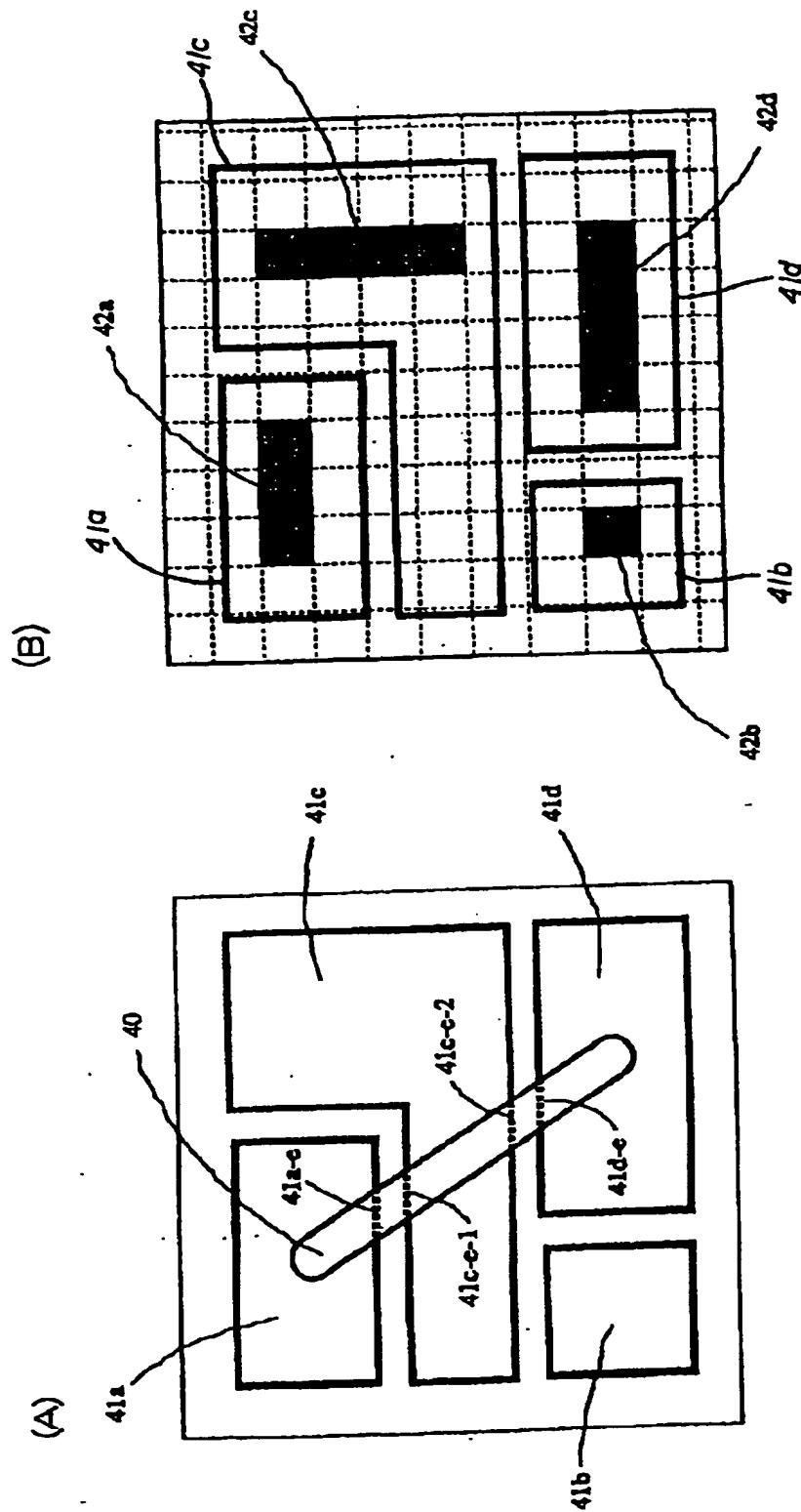
【図8】



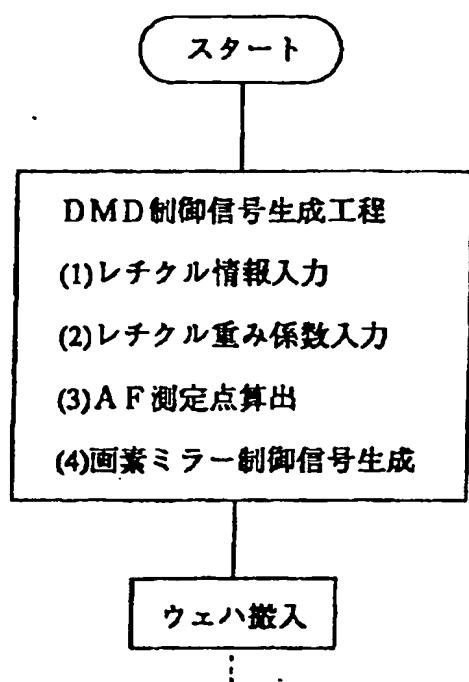
【図1】



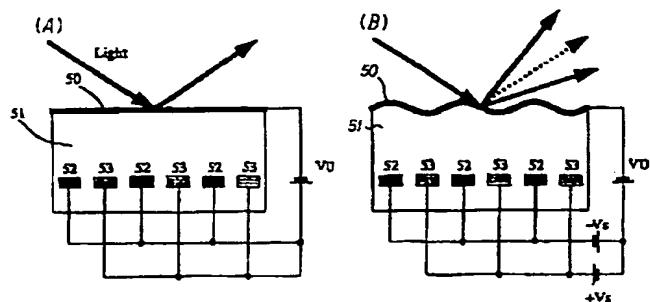
【図3】



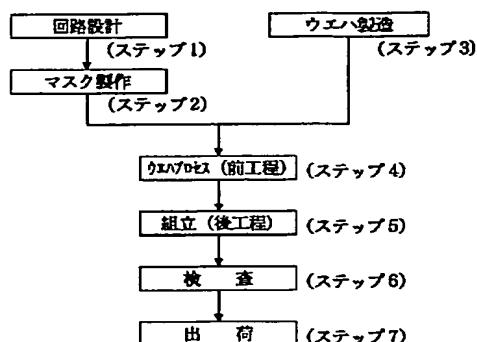
【図6】



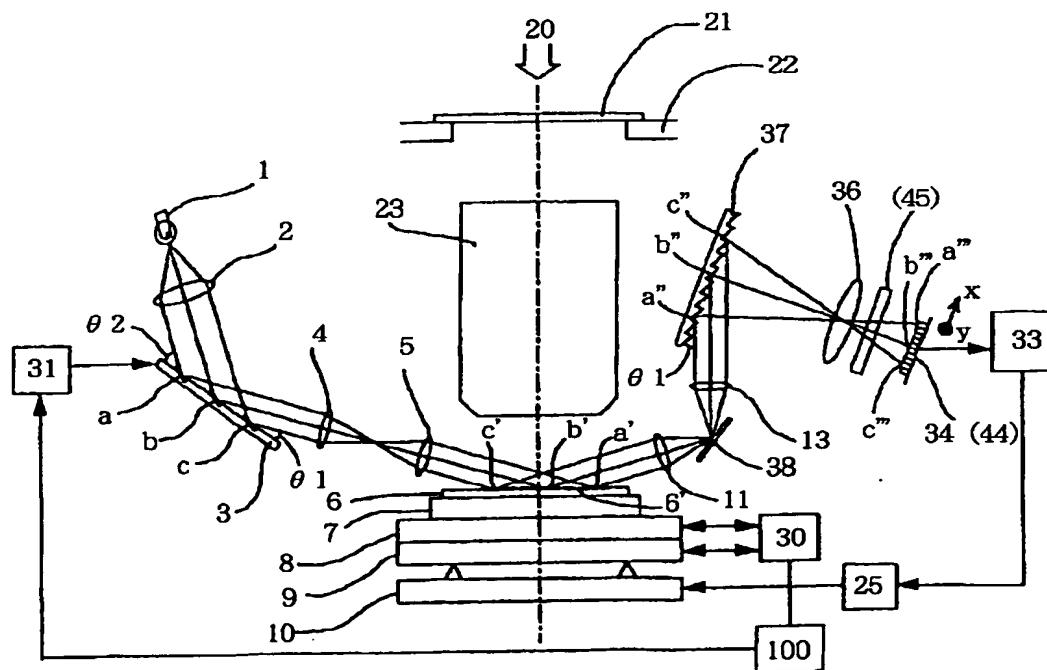
【図10】



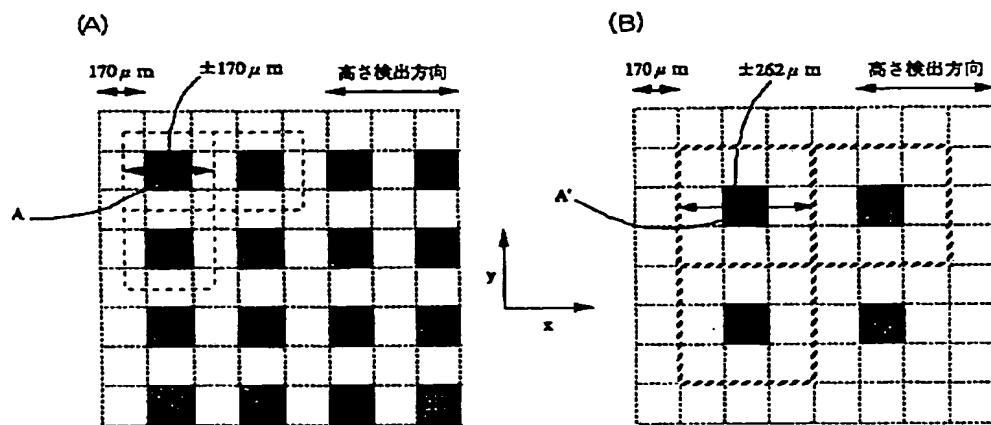
【図13】



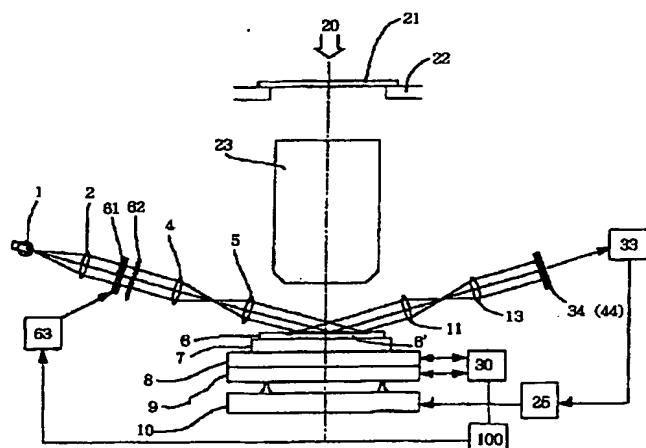
【図7】



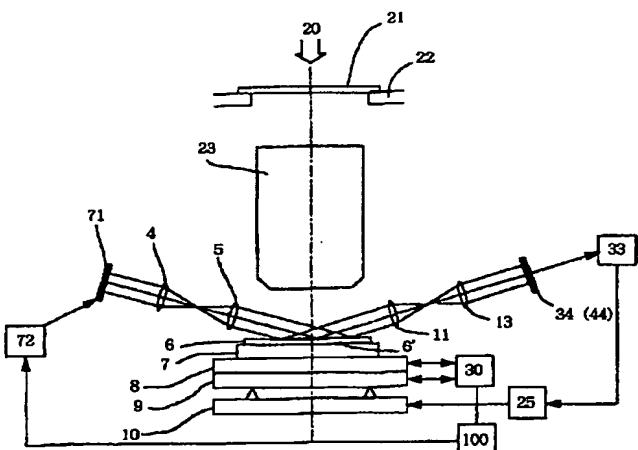
【図9】



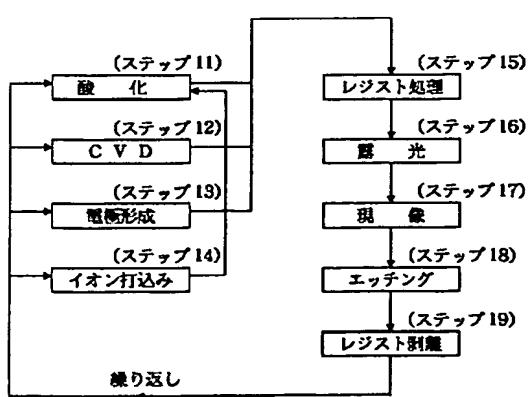
【図11】



【図12】



【図14】



【図15】

